

学校编码: 10384

分类号__密级__

学号: 23320071152175

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

无线传感器网络中节点配置研究

Research on Nodes Deployment for Wireless Sensor Network

邵艳

指导教师姓名: 肖明波 教 授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩时间: 2010 年 5 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

无线传感器网络（Wireless Sensor Networks, WSNs）为信息的监测和传输提供了一个全新的模式。作为新兴的技术，无线传感器网络具有十分广阔的应用领域，包括军事、环境监测、目标追踪、科学观察和预报等领域。因此对无线传感器网络的研究正成为研究的一个热点。

通过一定的部署算法或者配置策略达到合理的节点配置，是实现无线传感器网络资源优化和网络效率优化的重要途径，网络的感测效果和服务质量在很大程度上也取决于此。一方面，由于受到传感器节点能量有限的制约，在节点配置策略的构建时，必须在能效性方面给予较多的考虑。另一方面，节点配置策略对网络能量的分布、感测信息的分布和通信代价的分布将有直接的影响，而它们在很大程度上又决定了网络生存期的大小。基于此，本文围绕节点配置在能效和生存期方面展开了研究。

本文以无线传感器网络节点配置的策略为切入点，针对线性静态模型，从网络各跳处内部能耗的角度出发，在考虑发送和接收能量等能耗的情况下，针对“能量空洞”问题，对多跳等间距节点配置模型中的系统能耗进行了分析，并给出了等距模型下各跳处的备份节点的个数。同时从非等距的角度出发，在分析能耗的基础上给出了能量均衡的策略。

针对二维静态网络模型节点配置研究，本文首先用数学的方法给出了特定的物理条件下传感器节点的最优传输距离，并对传感器节点传输距离和网络生存期的关系进行了仿真。在此基础上，我们提出了多级配置备份节点策略。策略的构建是在网络活跃节点均匀分布的基础上提出来的，并以均衡网络负载，达到延长网络生存期为最终目标。同时将一维的非等距均衡扩展到二维应用背景中，通过控制节点的发送范围来达到能量均衡和延长网络生存期的目的。

全文从节点的配置策略入手，紧紧围绕能量的有效性和生存期最大化这两个目标，并结合实用性这一核心问题展开了工作。

关键字：无线传感器网络；节点配置；网络生存期；

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Wireless Sensor Networks (WSNs) provide a new paradigm for sensing and disseminating information. As one kind of new technology, WSN has a wide application area such as military, environment monitoring, object tracking, science observation, and forecasting. Therefore, the research on WSN is becoming a hot-spot.

It's the fundamental approach for optimizing resource and maximizing the efficiency of network to use certain algorithms or reasonable deployment strategy to deploy nodes, which also determines the sensor effects and the QoS of WSN. On one hand, we should pay more attention to the energy efficiency when we construct the node deployment strategy because of limited energy of the node. On the other hand, the deployment strategy greatly impacts the distribution of the network energy, the sensor information and the communication cost, which greatly effects the lifetime of WSN. In view of this, we carried out some research on the energy efficiency and the lifetime of WSN in respect of node deployment.

In this paper, wireless sensor network node distribution strategy is the starting point. For the static linear model, we discussion the total energy consumption in each of the hops to the Sink from resource node, considering the transmission and receiving energy, then analyze the energy consumption of equal distance multi-hop node deployment. For the "Energy Hole" problem, the numbers of backup node required are given to balance energy consumption. After that, we consider the energy balance from the in-equal distance perspective.

For the two dimension static network model, we first presented a mathematical method for optimal transmission distance of sensor nodes in specific physical system conditions, and then simulated the impact of transmission distance to the lifetime of wireless sensor networks. We proposed multi-level backup nodes deployment strategy, which is based on the uniformly distribution of active nodes, and our purpose is to balance energy loads and prolong the lifetime of the network. At the same time, we extend the in-Equal distance strategy to two-dimension, and

show that the energy consumption is balanced and the lifetime of WSN is prolonged from controlling the transmission distance of nodes in WSN.

For the problem of WSN node deployment, the whole paper begins with the deployment strategy, and proceeds to work with efficient deployment of energy and the lifetime as the main objectives, and the treats application as the core problem.

Keywords: Wireless Sensor Networks; Node Deployment; Lifetime of Network;

目录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究现状及应用前景	2
1.2.1 研究现状.....	2
1.2.2 发展前景.....	3
1.3 选题意义	4
1.4 主要工作	5
1.5 结构安排	5
第二章 无线传感器网络概述	7
2.1 无线传感器网络的概念	7
2.2 无线传感器网络体系结构	7
2.2.1 无线传感器网络结构.....	7
2.2.2 传感器节点结构.....	8
2.2.3 无线传感器网络协议体系.....	8
2.3 无线传感器网络特点及性能评价	10
2.4 无线传感器网络节点配置研究	11
2.4.1 节点配置概念.....	11
2.4.2 节点配置的研究范畴.....	12
2.4.3 拓扑结构.....	13
2.4.5 节点能耗模型.....	14
2.5 “能量空洞”问题的相关概念	15
2.5.1 问题的产生.....	15
2.5.2 研究现状.....	16
2.6 本章小结	17
第三章 一维情况下能量空洞问题研究	19
3.1 模型的提出和相关分析	19
3.1.1 网络模型和假设.....	19

3.1.2 能耗分析.....	20
3.2 等距最优单跳距离	21
3.2.1 最优单跳距离.....	21
3.2.2 仿真分析.....	22
3.3 等距非均匀节点配置策略	24
3.3.1 备份节点的配置.....	24
3.3.2 仿真分析.....	26
3.4 非等距节点配置方案	28
3.4.1 最优传输距离.....	29
3.4.2 仿真分析.....	30
3.5 本章小结	32
第四章 二维场景中等距的均衡	33
4.1 二维模型	33
4.2 最优传输距离	34
4.2.1 最优传输距离的理论分析.....	34
4.2.2 仿真分析.....	37
4.3 二维 WSN 能量均衡	38
4.3.1 非均匀节点分布.....	38
4.3.2 仿真性能评价指标.....	39
4.3.3 仿真参数.....	40
4.3.4 仿真场景一：随机分布.....	41
4.3.5 仿真场景二：节点分布接近均匀.....	45
4.4 本章小结	47
第五章 二维场景中非等距的均衡	48
5.1 非等距模型	48
5.1.1 模型的建立.....	48
5.1.2 非等距的能耗分析.....	49
5.2 仿真分析	51
5.2.1 两层情况下的理论分析和仿真.....	51

5.2.2 多层的数值计算.....	52
5.3 本章小结	55
第六章 总结和展望	56
6.1 全文小结	56
6.2 研究展望	57
参考文献	59
致谢.....	61
读研期间发表论文	62

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background	1
1.2 Research Status and Prospect	2
1.2.1 Research Status	2
1.2.2 Prospect.....	3
1.3 Significance	4
1.4 Main Contents	5
1.5 Structure	5
Chapter 2 Background of Wireless Sensor Networks	7
2.1 Concept of Wireless Sensor Networks.....	7
2.2 Wireless Sensor Network Architecture	7
2.2.1 Network Architecture.....	7
2.2.2 Sensor Node System Architecture	8
2.2.3 Communication Protocol Stack	8
2.3 Features and Evaluate of Wireless Sensor Network	10
2.4 Research on Node Deployment	11
2.4.1 Concept of Node Deployment	11
2.4.2 Research Domain of Node Deployment	12
2.4.3 Topology	13
2.4.5 Node Energy Consumption	14
2.5 Concept of “Energy Hole”.....	15
2.5.1 Problem Proposed	15
2.5.2 Research Status of Energy Hole.....	16
2.6 Summary	17
Chapter 3 Research on One-Dimensional	19
3.1 Mode and Related Analysis.....	19
3.1.1 Network model and assumptions	19

3.1.2 The Analysis of Energy Consumption	20
3.2 Optimal Single-hop Distance in Equidistant Mode	21
3.2.1 Optimal Single-hop Distance	21
3.2.2 Simulation	22
3.3 Non-Uniform Node Deployment Strategy in Equidistant Mode	24
3.3.1 Backup Nodes Deployment	24
3.3.2 Simulation	26
3.4 Node Deployment Strategy in Non-Equidistant Mode	28
3.4.1 Optimal Transmission Distance	29
3.4.2 Simulation	30
3.5 Summary	32
Chapter 4 Energy Balance in Equidistant Two-Dimensional....	33
4.1 Two-Dimensional Model	33
4.2 Optimal Transmission Distance	34
4.2.1 Theoretical Analysis of Optimal Transmission Distance	34
4.2.2 Simulation	37
4.3 Energy Balancing in Two-Dimensional Model	38
4.3.1 Non-uniform Node Deployment	38
4.3.2 Simulation Performance Evaluation	39
4.3.3 Simulation parameters	40
4.3.4 Simulation scenarios 1: Random Distribution	41
4.3.5 Simulation scenarios 2: More Uniformly Distribution	45
4.4 Summary	47
Chapter 5 Non-Equidistant Energy Balancing	48
5.1 Non-Equidistant Model	48
5.1.1 Model	48
5.1.2 Energy Consumption in Non-Equidistant Mode	49
5.2 Simulation	51
5.2.1 The Theoretical Analysis and Simulation in Two Layers Mode	51

5.2.2 Numerical Calculation of multi-layers.....	52
5.3 Summary.....	55
Chapter 6 Conclusions and Future Work.....	56
6.1 Conclusions.....	56
6.2 Future Work	57
References.....	59
Acknowledgement.....	61

第一章 绪论

1.1 研究背景

由于在过去几年电子和无线通信领域的进步,无线传感器网络由于其低功耗、低成本、多功能的优势,越来越多的得到了人们的关注。麻省理工学院的《技术评论》杂志(Technology Review)^[1]评出了对人类未来生活产生深远影响的十大新型技术,无线传感器网络位于这十种新技术之首。无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是由部署在监测区域内大量的智能微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳自组织的网络系统,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,并将这些信息传送到需要的用户。传感器、感知对象和观察者构成了传感器网络的三个要素。

无线传感器网络具有广泛的应用价值,像其它许多新技术一样,最早的传感器网络的研发基于国防角度。美国军方认识到传感器网络在以网络为核心的现代化战争中,是一个关键性技术。传感器通过通信网络相互协作,把信息传送到决策方,它可以通过多重观测、扩大探测区域、缩短响应时间等技术来提高侦察和追踪的性能,并且可以通过商业网络和一般的网络接口,降低成本。传感器网络在民生方面也有着广泛的应用:预警系统、环境科学、医疗健康、空间探索以及商业方面的应用等^[2]。

无线自组织网络(Mobile Ad Hoc Network)是一个由几十到上百个节点通过无线通信方式、动态组成的多跳移动性对等网络。无线传感器网络虽然与无线自组织网络有着相似之处,但同时也存在着很大的差别。最大的差别是两者有着截然不同的设计目标,传统无线网络的首要设计目标是通过动态路由和移动管理技术提供高服务质量和高效带宽利用。而在无线传感器网络,通常情况下,大部分节点是静止不动的,而且传感器节点体积微小,通常携带能量十分有限的电池,通常被抛撒在人员不能到达的区域,节点一旦能源耗尽,补充能源是不现实的,因此降低节点能源消耗,延长网络生存期就成为无线传感器网络的核心问题。在无线传感器网络研究初期,人们认为 Ad Hoc 路由机制加上成熟的 Internet 技术对无线传感器网络的设计已经足够了,但研究表明:传统

网络与无线传感器网络有着不同的技术要求。传统网络以传输数据为中心，而无线传感器网络却以数据为中心。传统网络的设计服从端到端的边缘论思想，中间节点仅仅负责数据的转发，在网络的端系统上进行与功能有关的处理，对于无线传感器网络而言却并非如此。因此自组织的 Ad Hoc 网络设计的协议和算法不适合无线传感器网络的特点和应用的要求，某些独特的要求和制约因素为无线传感器网络的研究提出了新的技术问题。

1.2 研究现状及应用前景

1.2.1 研究现状

由于无线传感器网络的强大功能和适应性，使得其在军事、工农业、生物医疗以及抢险救灾等领域具有着十分广阔的应用前景，成为进入 2000 年以来公认的新兴前沿热点研究领域之一^[3]。从 21 世纪开始，无线传感器引起了学术界、军事界和工业界的极大关注。美国 and 欧洲相继启动了大量关于无线传感器网络的研究计划。尤其是美国通过国家自然科学基金、国防部等多种渠道投入巨资支持该技术的研究。

在军事领域，美国国防部较早开始启动传感器网络的研究，他们把传感器网络作为一个重要的研究领域，设立了一系列的研究项目。如美国陆军的“灵巧传感器网络通信计划”于 2001-2005 财政年度期间批准实施。美国海军提出的“传感器组网系统”研究项目以及美国其他项目“无人值守地面传感器群”等。

在学术界，美国的加州大学洛杉矶分校在美国自然科学基金委员会的推动下成立了传感器研究中心。展开了“嵌入式的智能传感器”的研究项目。另外麻省理工学院、康奈尔大学等学校也开始了传感器网络的基础理论和关键技术的演技。英国、日本、意大利等国家的一些研究机构也纷纷开展了该领域的研究。

无线传感器网络在国内引起广泛的关注较晚，国内很多研究所和高校在无线传感器网络领域也展开了研究，如清华大学、中国科学院、哈尔滨工业大学

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库